

**변전소의 접지전류분류율 측정기술개발**

김재이\*, 고영혁\*, 고영권\*, 정길조\*\*, 최종기\*\*  
 동신대학교\*, 전력연구원\*\*

**A Development of Grounding Currents Shunt Rate on the Substation**

Kim, Jae-Yee\*, Ko, Young-Hyuk\*, Ko, Young-Kwon\*, Jeong, Kil-Jo\*\*, Choi, Jong-ki\*\*  
 Dongshin Univ. \*, Korea Electric Power Research Institute\*\*

**Abstract** - 변전소 및 전력계통에 지락사고가 발생하면 변전소의 접지망에 사고전류가 유입하게 된다. 이 유입전류는 가공지선이나 변압기 중성선 그리고 기타 접지망에 연결되어 있는 접지시스템에 의해 분류되는데, 모델변전소의 지락전류 흐름도를 모델화하여 Pspice프로그램으로 대략적인 분류율을 계산하고, 실측치를 통해 지락사고시의 가공지선 분류율을 비교 평가하였다.

민감도를 계산하였다. S변전소와 U변전소의 송전선 공장을 25km로 하고, 첩탑의 기수를 100기, 첩탑저항을 15Ω으로 가정한 경우, 계산된 그림은 그림 2.2와 같다. 그리고 첩탑저항을 10Ω으로 가정한 경우, 계산된 그림은 그림 2.2와 같다. 계산된 분류율은 표 2.1과 같다.

**1. 서 론**

지락고장시 접지전위상승(GPR : ground potential rise)이나 접촉/보폭전압 같은 위험전압을 허용치 이내로 억제함으로써 사람의 안전, 기기의 보호 및 전력계통의 안전운전을 보장하려면 효과적인 변전소 접지 시스템을 갖추는 것이 필수적이다.

S변전소에서 최대치 30A를 송전선으로 주입하는 경우 첩탑의 저항을 15Ω으로 가정할 때 U 변전소의 접지저항으로 유입되는 전류는 4%이고, 2개의 가공지선을 통하여 흐르는 전류는 39%이다. 또한, 첩탑의 저항을 10Ω으로 가정할 때 U 변전소의 접지저항으로 유입되는 전류는 3.45%이고, 2개의 가공지선을 통하여 흐르는 전류는 37.2%이다. 따라서 첩탑 저항이 작을수록 변전소의 접지저항으로 유입되는 전류가 적고 분류율이 높아진다.

따라서, 신설 변전소의 접지 시스템이 상기조건을 만족하도록 하는 것 외에도 기존변전소, 특히 접지망이 어떻게 구성되어 있는지 알려지지 않은 오래된 변전소의 접지시스템 성능이 적합한 수준인가를 정기적으로 검증하는 것이 필요하다. 지락사고가 발생하면 지락전류 일부가 가공지선을 따라 흐르고, 나머지 전류가 대지를 통하여 흐르게 된다. 이러한 대지를 통하여 흐르는 전류의 지락전류에 대한 비인 분류율은 변전설계기준-2602"접지계설계지침.1984.3.12)<sup>(1)</sup>에 의거 분류율을 40~60% 범위에서 적용하였으나 앞으로 경제적인 설계를 하기 위하여 대지전위상승 및 위험 접촉전압을 정확하게 계산할 필요가 대두되었다.

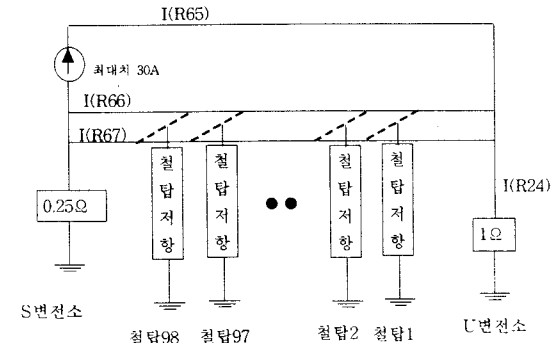


그림 2.1 S 변전소-U변전소 지락전류 흐름도

IEEE std-80-1986<sup>(2)</sup>에서 분류율 계산 방법을 제시하고 있으나 너무나 단순화된 계통을 가정하였기 때문에 실무에 적용할 수 없는 형편이다.

본 논문에서는 모델변전소의 지락전류 흐름도를 모델화하여 Pspice프로그램으로 분류율을 계산하고, 실측치를 통해 지락사고시의 가공지선 분류율을 비교 평가하였다.

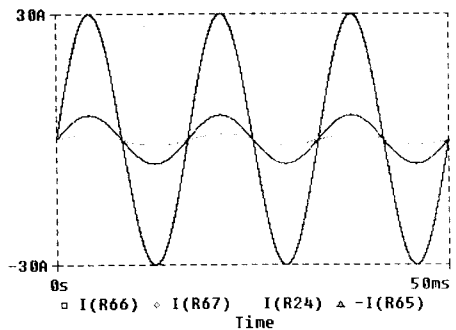


그림 2.2 S변전소-U변전소 지락전류 (첩탑저항을15Ω으로 가정한 경우)

**2. 변전소의 대지전류 계산**

접지 시스템이 필요한 근본적인 원인은 전력계통에 지락 고장 전류가 발생하는데서 기인한다. 따라서 접지 설계를 하기 위해서는 이 지락 전류의 정확한 계산이 절대적으로 필요하다. 변전소 구내 지락시 고장전류의 일부는 가공지선이나 중성선 또는 케이블 쉬스 등의 도전 경로를 따라 전원단으로 귀환하며, 나머지 전류는 접지망을 통하여 대지로 빠져나가 대지귀로를 통해 전원단으로 귀환한다.

변전소의 대지전류 계산에 있어서 S 변전소를 중심으로 하는 인접 U 변전소의 계통구성은 그림 1과 같고, 송전선 첩탑은 여러 가지 형과 크기가 있으나 대지전류를 대략적으로 계산하기 위하여 대표적인 값으로 가정하였다. S 변전소와 U 변전소의 접지저항값은 측정된 0.25Ω과 1Ω으로 계산하였다. 또한, S 변전소의 주입 전류는 최대치 30A로 가정하고, 첩탑의 접지저항 값에 대하여

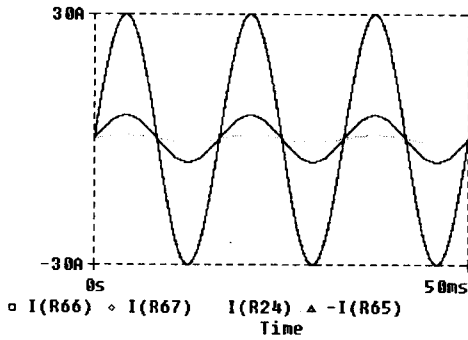


그림 2.3 S변전소-U변전소 지락전류  
(철탑저항을 10Ω으로 가정한 경우)

표 2.1 S변전소-U변전소에서의 지락전류 분류

변전소	변전소 접지저항	송전소 공장	철탑 기수	철탑 저항	I(R65) A	I(R66) A	I(R67) A	I(R24) A
S	0.25Ω	-	-	-	-	-	-	-
U	1Ω	25km	100	15 Ω	30	5.85 (19.5%)	5.85 (19.5%)	1.20 (4%)
				10 Ω	30	5.58 (18.6%)	5.58 (18.6%)	1.02 (3.45%)

### 3. 변전소의 분류전류 측정

PC에 기반을 둔 측정 시스템은 그림 3.1과 같으며, 측정에 활용된 클램프는 Fluke36(100mV/A)을 사용하여 철탑위의 가공지선에 걸었다. 또한, 클램프로부터 무선실 동축케이블을 휴대용 오실로스코프(Pico)에 연결하고, 휴대용 오실로스코프에서 나타난 데이터를 노트북 컴퓨터로 측정하였다.

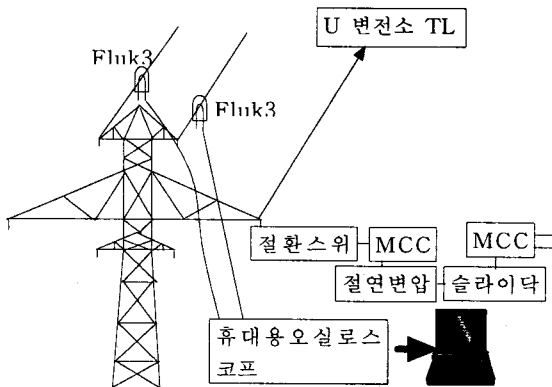


그림 3.1 PC에 기반을 둔 분류전류 측정시스템

S변전소의 송전선을 통해 주입된 시험전류는 19.39A를 주입하고, U변전소의 2개의 가공지선과 송전선을 연결하여 2개의 가공지선으로 되돌아오는 전류 2.48A, 2.83A를 시험전류와 비교해서 그림 3.2, 그림 3.3과

같이 측정하였다. PC에 기반을 둔 분류전류 측정값은 표 3.1과 같이 주입된 시험전류 중에서 28.87%만 돌아옴을 확인하였다.

표 3.1 PC에 기반을 둔 분류전류 측정값

시험전류	가공지선1	가공지선2	가공지선1+ 가공지선2
2.6V (18.39A)	0.35V (2.48A)	0.4V (2.83A)	5.31A (28.87%)

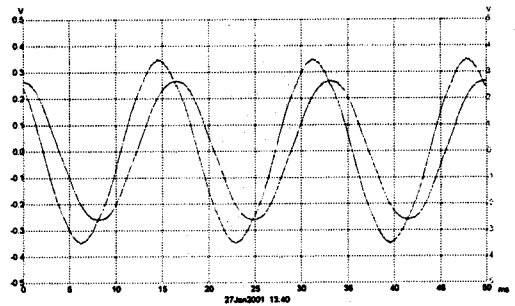


그림 3.2 시험 전류와 가공지선 1으로 돌아온 전류

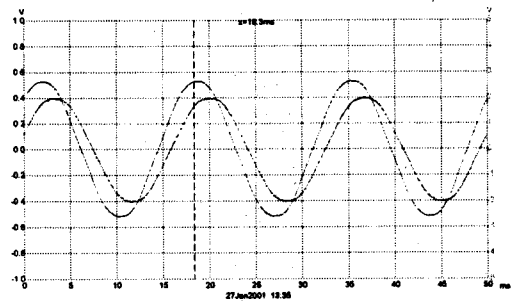


그림 3.3 시험 전류와 가공지선 2로 돌아온 전류

### 4. 결 론

접지시공에서 대규모 상호연결 및 있을 수 있는 불확실성은 때때로 접지계 성능의 설계계산을 어렵게 만들며 접지계의 적합성을 평가하기 위하여 현장측정을 필요하게 한다.

본 논문은 S 변전소의 송전선을 통해 19.39A를 주입하고, U변전소의 2개의 가공지선을 통해 되돌아오는 전류 2.48A, 2.83A를 측정하여 주입된 전류 중에서 28.87%만 돌아옴을 알 수 있었다. 철탑의 저항을 10Ω으로 가정할 때 2개의 가공지선을 통하여 흐르는 전류는 37.2%와 비교해서 약간의 오차는 있지만 보다 정확한 철탑의 저항과 유도효과를 고려한다면 실제적인 접지계의 분류를 측정과 매우 일치될 것으로 사료된다.

앞으로 시험전류의 주파수는 60Hz 상용주파수 간섭의

계거 필요성과 측정결과의 주파수 의존성을 고려하여 선정하여 60Hz의 잡음레벨에 민감하지 않도록 시스템을 보완하여 더 정확한 분류율을 측정할 예정이다.

**[참 고 문 헌]**

- (1) 한국전력공사, 변전설계기준-2602 접지설계지침, 1968, 4개정, 1984. 3.12개정.
- (2) IEEE std-80-1986 IEEE Guid for Safety in AC Substation Grounding.
- (3) P. R. Pillai, E. P. Dick, "A Review on Testing and Evaluating Substation Grounding Systems", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 1, January 1992.
- (4) Hiroyuki Makins, Hirokazu Itakura, "Study of Overhead Ground-wire Shunting Rates during Ground Failure, for 500KV Substation Ground System Design", IEEE Proceedings, pp. 994~999, 1999.

**[부록] 분류율 측정방법**

▶ 전류분류율 측정장비

- ① 발전기(EM650 SHRIRAM HONDA)  
- 전압 220V, 주파수 60Hz, 정격출력 550VA, 최대출력 650VA, 직류전압 12V, 전류 8.3A
- ② 볼트 미터(V-meter) : HS-7018, 0-30V
- ③ 암페어 미터(A-meter) : HS-7017, 0-3mA
- ④ 디지털 테스터(Digital tester) : HC-5010T
- ⑤ 디지털 오실로스코프(Digital Oscilloscope) :  
Lecroy 9354A 500MHz, 전압 90-132VAC or 180-250VAC, 주파수 45-66Hz, Power 350W
- ⑥ Clamp on CT

▶ 전류분류율 측정방법

- ① 시험전류를 인가하지 않은 상태에서 변전소 접지계에 인가된 전로전압을 측정한다.
- ② 변전소 접지와 부하저항을 연결한 상태에서 원거리 접지 사이에 발전기(EM650 SHRIRAM HONDA)로 60Hz 정현파 전류를 주입한다.
- ③ 시험전류가 인가된 상태에서 부하저항에 걸린 전압을 디지털오실로스코프(LeCroy 9354A)로 측정하여 주입전류를 구한다.
- ④ 시험전류가 인가된 상태에서 변전소 접지계에 부하저항과 연결된 가공지선 전류를 부하저항 전압강하로 측정하여 전류분류율을 구한다.
- ⑤ 인가된 시험전류에서 변전소 접지계에 연결한 가공지선 전류를 빼서 분류율을 구한다.

▶ 측정시 주의사항

시험전류가 50A로 제한되고 변전소 접지저항이 보통 2Ω보다 적을 때에는 대지전위상승(GPR)으로 인한 큰 위험은 없으나, 계통 사고시 먼거리에서 접지되어 있고 지역적으로 분리되어 있는 시험리드선과 선로들은 극부적인 접지망에 대해 수 kV까지 대지전위가 올라갈 수 있다. 따라서, 접지시험을 계획하고 수행하기 전에 안전대책이 취해져야 하며, 모든 시험 참여자들에게 시험기간 중 안전수칙을 지키도록 하여야 한다. 감전사고 방지를 위하여 절연고무장갑 및 절연화의 착용, 끝단(Remote end)에서의 리드선의 연결이나 뽑은 과정에서 측정장비

와 리드선 분리, 손과 손을 통한 금속접촉 등을 피하고, 비가 많이 오거나 천둥을 동반한 폭풍우 시에는 시험을 하지 못한다. 시험기간 중 매일 시험 시작 전후 회의를 함으로써 시험절차, 안전측면 및 시험에 참가하는 사람들의 역할과 책임에 대해 검토하고 토론한다. 시험 시작에 앞서 시험책임자를 안전에 경험이 많은 사람으로 선정함으로써 전체적인 현장 관리와 시험을 수행하는데 간독권한을 갖도록 한다.

또한, 원거리 접지가 충분히 이격되지 않을 경우, 대지 상호임피던스에 의해 측정오차가 자주 발생할 수 있는데, 이는 프로파일 거리의 역에 대하여 보정된 측정 프로파일 전위 추적과 이 점들을 직선에 맞춤으로써 보정한다. 프로파일 점들이 변전소 등가반경의 3배보다 작을 경우, 역사인 함수(Arc Cosine)에 의해 보정하고, 중점 부근의 직선 기울기의 이용은 Wenner 측정법보다 큰 거리의 대지저항율을 추정 가능하게 한다.

앞에서 설명한 내용을 간략하게 정리하면 다음과 같다.

- ① 시험전류가 인가될 때, 50[A]로 제한하고 변전소 접지 저항이 2[Ω]보다 작을 때 측정한다.
- ② 모든 시험 참여자들은 시험기간 중 안전수칙을 지키도록 한다.
- ③ 리드선을 연결하거나 뽑을 때 측정장비와 리드선을 분리하고 손에는 금속 접촉을 피해야 한다.
- ④ 비가 오거나 천둥이 치는 폭풍우때는 시험을 중지한다.
- ⑤ 시험하는 기간중 매일 시작 전에 Pre-Test Meeting과 시험 후 Tail Board Meeting을 함으로써 시험절차, 안전측면 및 시험에 참가하는 사람들의 역할과 책임을 검토한다.
- ⑥ 시험주관자는 안전을 위해 변전소 Staff 중에서 선발하며 전체적인 Site Coordination과 시험을 끝내는 데 조경권한을 갖는다.